

# MODEL SIMULASI PERKEMBANGAN, PERTUMBUHAN DAN NERACA AIR TANAMAN KENTANG PADA DATARAN TINGGI DI INDONESIA

## *Simulation Model Development, Growth and Water Balance in Plateau Potato Plant in Indonesia*

Salwati<sup>1)</sup>, Handoko<sup>2)</sup>, Irsal Las<sup>3)</sup>, dan Hidayati R<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi

<sup>2)</sup>Bagian Agrometeorologi, Departemen Geofisika dan Meteorologi, FMIPA IPB, Bogor

<sup>3)</sup>Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian

E-mail :salwatijbi@yahoo.com

(Makalah diterima, 17 Nopember 2012 – Disetujui, 26 April 2013)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model simulasi perkembangan, pertumbuhan, dan neraca air tanaman kentang guna memprediksi dampak perubahan iklim terhadap produktivitas kentang pada sentra kentang di Indonesia. Model simulasi tanaman kentang yang disusun menjelaskan mekanisme proses perkembangan dan pertumbuhan yang terjadi selama siklus pertumbuhan tanaman sebagai respon terhadap fluktuasi iklim. Penelitian lapang pada tiga lokasi di Pacet dan Galudra di Provinsi Jawa Barat, serta di Kerinci, Provinsi Jambi dilakukan untuk menunjang penyusunan model tersebut; yaitu untuk kalibrasi model (Pacet) dan validasi model (Galudra dan Kerinci). Hasil pengujian dengan uji t berpasangan antara prediksi model dengan observasi di Galudra dan Kerinci untuk varietas Granola menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ( $P>0,05$ ) pada peubah umur tanaman, biomassa akar, batang, dan umbi, LAI serta kadar air tanah. Pengujian pada varietas Atlantis menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ( $P>0,05$ ) pada biomassa akar dan umbi serta kadar air tanah. Namun demikian, berdasarkan uji grafik menghasilkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang lebih besar dari 0,80 untuk semua peubah yang diuji. Berdasarkan validasi model tersebut, model simulasi tanaman kentang mampu menduga umur tanaman, produksi biomassa dari masing-masing organ tanaman berupa akar, batang, daun, dan umbi, serta LAI dan kadar air tanah sesuai dengan pengukuran lapang.

**Kata Kunci :** Model, simulasi, pertumbuhan, perkembangan, neraca air, kentang

### ABSTRACT

This research aims to construct a simulation model of development, growth and water balance of potato crop. Research also predicts climate change impact on potato productivity in several potato production center in Indonesia. The crop model being constructed explains process mechanism of development and growth during crop life cycle as a response to fluctuation of climatic. Three field experiments were conducted at three locations at Pacet and Galudra in West Java Province, and at Kerinci in Jambi Province, to support the model development; for model calibration (Pacet) and model validation (Galudra and Kerinci). Paired t-test between model predictions of Granola variety with observations showed that there were not significant differences ( $P>0,05$ ) on all variables tested, except leaf biomass. In Atlantic variety, there were not significant differences ( $P>0,05$ ) on root, tuber biomass and soil water content. Based on graphical test showed coefficient of determination were ( $R^2$ ) greater than 0,80 for all variables. Generally, results on validation suggested that model predictions were not significantly different with field measurements at Galudra (Granola variety) and Kerinci (Atlantis and Granola variety) for variable of plant ages, biomass of root, stem, leaf and tuber, leaf area index, and soil water content.

**Keywords:** Growth, model, potato, simulation, water balance

## PENDAHULUAN

Produktivitas kentang Indonesia yang rata-rata 15 ton/ha-1 masih rendah, apabila dibandingkan dengan rata-rata negara penghasil kentang yaitu 45 ton/ha-1 (Gustianty, 2008). Potensi kentang menurut hasil penelitian mencapai 35 ton/ha-1 (Nurtika, 2007), sehingga terjadi perbedaan produktivitas yang masih jauh yaitu 20 ton/ha-1 (57,1%). Fluktuasi unsur-unsur cuaca merupakan salah satu penyebab perbedaan produktivitas kentang sekarang ini.

Perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan global diperkirakan akan membawa dampak yang signifikan terhadap produksi kentang nasional karena tanaman kentang hanya memproduksi tinggi pada daerah bersuhu rendah dan sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Model simulasi tanaman yang mampu menjelaskan pengaruh unsur-unsur cuaca terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kentang di Indonesia akan bermanfaat untuk melakukan prediksi dampak perubahan iklim terhadap penurunan produksi kentang di berbagai wilayah Indonesia. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007) memperkirakan kenaikan suhu di Indonesia sekitar 2-3 °C pada tahun 2050. Jika hal ini terjadi maka peningkatan suhu tersebut analog dengan penurunan ketinggian lahan kentang sekitar 300-500 m (Handoko *et al.*, 2008). Akibatnya, luas lahan kentang akan semakin sempit sehingga secara langsung akan menurunkan luas panen dan produksi kentang nasional jika tidak diimbangi oleh peningkatan hasil per satuan luas lahan.

Proses yang terjadi pada perkembangan dan pertumbuhan tanaman sangatlah kompleks menyangkut hubungan antara tanah, tanaman, dan iklim. Pemahaman proses yang kompleks tersebut dapat disederhanakan melalui penyusunan model simulasi tanaman yang menyangkut tanah, tanaman dan iklim berdasarkan hasil penelitian lapang.

Model simulasi akan mensimulasikan komponen-komponen proses yang terjadi selama masa pertumbuhan tanaman seperti neraca air (kadar air tanah, evapotranspirasi), pertumbuhan tanaman (indeks luas daun/LAI, berat kering akar, batang, daun dan umbi) serta fase-fase perkembangan tanaman. Model simulasi tanaman kentang yang sudah disusun dan sudah diuji keabsahan selanjutnya digunakan untuk mensimulasikan pengaruh perubahan iklim terhadap hasil dan produksi tanaman kentang pada berbagai sentra produksi di Indonesia.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model simulasi perkembangan, pertumbuhan, dan neraca air

tanaman kentang yang dapat menjelaskan mekanisme proses yang terjadi selama periode pertumbuhan dan perkembangan tanaman guna memprediksi potensi produksi danantisipasi dampak perubahan iklim terhadap produktivitas kentang pada sentra-sentra produksi kentang di Indonesia.

### Asumsi

Model dipengaruhi oleh unsur-unsur cuaca harian, yaitu : curah hujan, radiasi surya, suhu dan kelembaban udara, serta kecepatan angin. Parameter tanah yang berpengaruh adalah titik layu permanen, kapasitas lapang, sedangkan parameter tanaman yang berpengaruh adalah *radiation use efficiency* (RUE), spesifik leaf area (SLA), suhu dasar dan satuan panas (*thermal unit*). Faktor kesuburan tanah dan serangan hama penyakit tanaman diasumsikan tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman kentang yang dimodelkan.

## METODOLOGI

### Tempat dan Waktu

Penelitian lapang pada tiga lokasi di Pacet dan Galudra, Provinsi Jawa Barat, serta di Kerinci, Provinsi Jambi dilakukan untuk menunjang penyusunan model, yaitu untuk kalibrasi model (Pacet) dan validasi model (Galudra dan Kerinci). Waktu pelaksanaan dari ketiga percobaan ini mulai dari Desember 2009 sampai September 2011.

### Model Simulasi Tanaman Kentang

Secara garis besar model simulasi tanaman kentang yang disusun terdiri dari tiga submodel, yaitu : (1) submodel perkembangan tanaman, (2) submodel pertumbuhan tanaman, dan (3) submodel neraca air. Model dengan resolusi harian memerlukan unsur-unsur cuaca harian sebagai masukan yang meliputi radiasi surya ( $\text{MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$ ), suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ), kelembaban udara (%), kecepatan angin ( $\text{mdetik}^{-1}$ ) dan curah hujan ( $\text{mmhari}^{-1}$ ). Masukan model (*input variables*) adalah keadaan awal (*initial variables*), parameter (cuaca, tanah, tanaman) dan peubah luar (unsur-unsur cuaca).

Submodel perkembangan mensimulasi laju perkembangan dan kejadian fenologi berdasarkan thermal unit. Kentang adalah tanaman hari netral, sehingga laju perkembangan dan kejadian fenologi didekati dengan konsep *thermal unit* menggunakan data suhu harian dan waktu (Wolf and Oijen, 2002). Kejadian fenologi diberi skala 0 - 1 dan dihitung mulai tanam sampai panen.

Fase perkembangan (s) antara masing-masing kejadian fenologi tersebut dihitung dengan persamaan berikut (Handoko 1994):

Periode fase perkembangan (s)

Tanam-muncul tunas  $s_1 = s_1 + sp_1 * (suhu - Tb) / TU_1$   
 $T > To_1$  (1a)

Pembentukan umbi  $s_2 = s_2 + sp_2 * (suhu - Tb) / TU_2$   
 $T > To_2$  (1b)

Pengisian umbi  $s_3 = s_3 + sp_3 * (suhu - Tb) / TU_3$   $T > To_3$  (1c)  
Pematangan umbi  $s_4 = s_4 + sp_4 * (suhu - Tb) / TU_4$   $T > To_4$  (1d)

Awal panen  $s_5 = s_5 + sp_5 * (suhu - Tb) / TU_5$   $T > To_5$  (1e)

1,2,3,4,5 menyatakan periode antara kejadian fenologi, Tb adalah suhu dasar tanaman dan TU adalah *thermal unit* (d°C).

Submodel pertumbuhan mensimulasi aliran biomassa aktual hasil fotosintesis ke organ tanaman daun, batang, akar dan umbi serta kehilangannya berupa respirasi, dan perkembangan luas daun untuk menduga LAI. Produksi biomassa potensial,  $B_p$  (kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) merupakan hasil kali RUE(ε) dengan intersepsi radiasi surya ( $Q_{int}$ ). ε dalam gMJ<sup>-1</sup> menurut Monteith (1975) dan Hukum Beer untuk menghitung intersepsi radiasi sebagai berikut :

$$B_b = \varepsilon (1 - e^{-kLAI}) Q_s$$

$$\text{dan} \quad \varepsilon = W / Q_{int} \quad (2)$$

$$Q_{int} = (1 - \tau) Q_s$$

$$\text{dan} \quad \tau = e^{-kLAI} \quad (3)$$

τ : proporsi radiasi surya yang ditransmisikan tajuk tanaman, k: koefisien pemadaman dan LAI: indeks luas daun. Produksi biomassa potensial tersebut menganggap air bukan faktor pembatas. Produksi biomassa aktual ( $B_a$ , kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) mempertimbangkan ketersediaan air ( $f_w$ ), dari nisbah antara transpirasi aktual ( $T_a$ ) dan maksimum ( $T_m$ ):

$$f_w = T_a / T_m \quad \text{dan} \quad B_a = f_w * B_p \quad (4)$$

Biomassa aktual dibagi antara akar, batang, daun dan umbi yang perbandingannya tergantung pada fase perkembangan tanaman (s). Proporsi biomassa yang dialokasikan pada masing-masing organ ( $\eta_x$ ) dihitung berdasarkan fungsi fase perkembangan tanaman (s) (Handoko, 1994). Nilai LAI menentukan jumlah radiasi dan curah hujan yang diintersepsi tanaman serta transpirasi. Perubahan LAI ( $dLAI$ ) dihitung dari luas daun spesifik/SLA (hakg<sup>-1</sup>) dan  $dW_L$  perubahan massa daun (kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

Submodel neraca air mensimulasi komponen neraca air, yang terdiri dari : kadar air tanah (KAT), transpirasi, evaporasi, intersepsi tajuk dan perkolasi. Faktor kesuburan tanah dan serangan hama penyakit tanaman diasumsikan tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman

kentang yang dimodelkan.

## Pengamatan

Perkembangan tanaman yang diamati adalah fase perkembangan mulai dari tanam-panen. Pertumbuhan yang diukur adalah LAI, biomassa (akar, batang, daun, dan umbi). Contoh destruktif diambil selama masa pertumbuhan tanaman kentang dan ditimbang kering oven 70°C selama 48 jam. Nilai pF 2,54 = 35% dan pF 4,2 = 28% (% volume). Unsur iklim diambil dari stasiun sekitar lokasi percobaan, yaitu radiasi surya (MJ m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup>), suhu udara (°C), kelembapan nisbi (%), dan kecepatan angin (ms<sup>-1</sup>). Proporsi intersepsi radiasi diukur pada ketinggian 5 cm di atas tanah dan 1 m tempat terbuka menggunakan sensor radiasi surya *tubesolarimeter* dan *solarimeter*. Pengambilan data dilakukan setiap 15 menit masing-masing dengan 3 kali pengukuran data dari pagi (jam 08.00) hingga sore (jam 16.00), kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Kandungan air tanah diukur dengan sensor kadar air tanah selang 7 hari pada kedalaman 10, 20, 40, 60, 80 dan 100 cm.

## Parameterisasi

Parameter adalah karakteristik dari unsur model yang bersifat konstan selama masa simulasi atau tergantung pada keadaan sistem. Parameter yang digunakan dalam model simulasi tanaman kentang, yaitu : parameter cuaca, tanaman dan tanah yang diperoleh dari data percobaan lapangan dan beberapa referensi yang diperlukan selama simulasi.

## Kalibrasi dan Validasi Model

Tahapan kalibrasi adalah mengubah-ubah beberapa atau banyak nilai parameter sampai perbedaan antara nilai pengukuran dengan dugaan model tidak nyata. Nilai parameter yang diperoleh tersebut dapat menjadi tidak sesuai jika menggunakan data yang lain. Oleh karena itu, model perlu divalidasi sebelum diaplikasikan menggunakan data selain yang telah digunakan untuk kalibrasi.

Validasi dilakukan secara grafis dan uji berpasangan. Pengujian grafis menurut garis 1:1 (Jongschaap, 2006) dan uji berpasangan menurut Steel & Torrie (1991):

$$D_i = p_i - m_i; D = \sum D_i / n;$$

$$SE = \sqrt{(\sum D_i^2 - (\sum D_i)^2 / n) / (n(n-1))};$$

$$t = D / SE \quad (5)$$

Di dan D adalah rata-rata antara prediksi (p) dan pengukuran (m), SE: galat baku dari perbedaan dan t-student. Perbedaan antara model dengan pengukuran

nyata apabila ( $P < 0,05$ ) dan tidak nyata apabila ( $P > 0,05$ ).  
Tampilan model dibuat dengan menggunakan software

Microsof Visual BASIC™ versi 6.0.

Tabel 1. Nilai-nilai parameter yang digunakan dalam menyusun model simulasi tanaman kentang

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Sumber
<b>1. CUACA</b>				
Tetapan psikometrik	$\gamma$	Pa°C	66,1	Lascano (1991)
Massa jenis udara	d air	Kgm <sup>-3</sup>	1.204	Lascano (1991)
Panas laten penguapan	lhv	MJkg <sup>-1</sup>	2.454	Lascano (1991)
Kapasitas panas	cp	Pa°C <sup>-1</sup>	1.010	Lascano (1991)
<b>2. TANAMAN</b>				
Efisiensi Penggunaan Radiasi	RUE (Granola)	g MJ <sup>-1</sup> hari <sup>-1</sup>	1,12	Percobaan ini
	RUE (Atlantis))	gMJ <sup>-1</sup> hari <sup>-1</sup>	1,79	Percobaan ini
Luas Daun Spesifik	SLA	hakg <sup>-1</sup>	0,005	Percobaan ini
Koefisien pepadaman	k(Granola)	unitless	0,3	Percobaan ini
	k (Atlantis)	unitless	0,2	Percobaan ini
Koefisien respirasi pemeliharaan	km		0,015	Amthor (2000)
Koefisien respirasi pertumbuhan	kg		0,14	Amthor (2000)
<b>Thermal unit (Granola/Atlantis)</b>				
<i>Plant-emergence</i>	TU1	hari °C	160/168	Percobaan ini
<i>Vegetative</i>	TU2	hari °C	170/175	Percobaan ini
<i>Tuber initiation</i>	TU3	hari °C	110/115	Percobaan ini
<i>Tuber bulking</i>	TU4	hari °C	360/378	Percobaan ini
<i>Maturation</i>	TU5	hari °C	200/217	Percobaan ini
Suhu dasar	Tb	°C	10	Percobaan ini
<b>3. TANAH</b>				
Titik layu permanen	TLP	%	28	Percobaan ini
Kapasitas lapang	KL	%	35	Percobaan ini
Tetapan U	U	mm	12	Ritchie (1972)
Tetapan $\alpha$	$\alpha$	mm	5,08	Ritchie (1972)

Tabel 2. Uji berpasangan *t-student* peubah-peubah ketiga submodel Percobaan II dan Percobaan III.

Peubah	Satuan	P-Value	Perbedaan
<b>Percobaan II (Granola)</b>			
<b>I Submodel Perkembangan</b>			
Umur tanaman	hari	0,688	tn
<b>II Submodel Pertumbuhan</b>			
LAI	<i>unitless</i>	0,061	tn
Biomassa akar	kg ha <sup>-1</sup>	0,636	tn
Biomassa batang	kg ha <sup>-1</sup>	0,751	tn
Biomassa daun	kg ha <sup>-1</sup>	0,015	n
Biomassa umbi	kg ha <sup>-1</sup>	0,795	tn
<b>III Submodel Neraca Air</b>			
Kadar air tanah (0-60 cm)	mm	0,061	tn
<b>Percobaan III (Granola)</b>			
<b>I Submodel Perkembangan</b>			
Umur tanaman	hari	0,688	tn
<b>II Submodel Pertumbuhan</b>			
LAI	<i>unitless</i>	0,066	tn
Biomassa akar	kg ha <sup>-1</sup>	0,669	tn
Biomassa batang	kg ha <sup>-1</sup>	0,070	tn
Biomassa daun	kg ha <sup>-1</sup>	0,171	tn
Biomassa umbi	kg ha <sup>-1</sup>	0,804	tn
<b>Percobaan III (Atlantis)</b>			
<b>I Submodel Perkembangan</b>			
Umur tanaman	hari	0,041	n
<b>II Submodel Pertumbuhan</b>			
LAI	<i>unitless</i>	0,043	n
Biomassa akar	kg ha <sup>-1</sup>	0,016	n
Biomassa batang	kg ha <sup>-1</sup>	0,258	tn
Biomassa daun	kg ha <sup>-1</sup>	0,042	n
Biomassa umbi	kg ha <sup>-1</sup>	0,173	tn
<b>III Submodel Neraca Air</b>			
Kadar air tanah (0– 60 cm)	mm	0,326	tn

Keterangan : tn = tidak nyata, n = nyata

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Parameterisasi Model

Model simulasi tanaman kentang disusun setelah mendapatkan nilai-nilai parameter yang diturunkan dari hasil percobaan lapang pertama di Pacet dan studi literatur. Tabel 1 menunjukkan nilai-nilai parameter dari berbagai peubah yang digunakan sebagai masukan model.

### Validasi Submodel Perkembangan, Pertumbuhan, dan Neraca Air Tanaman Kentang

Validasi dilakukan dengan membandingkan beberapa peubah-peubah prediksi model dengan hasil pengamatan atau pengukuran lapang. Validasi menggunakan data hasil pengamatan dan pengukuran Percobaan II di daerah Galudra, Jawa Barat, perlakuan J2U1 dan Percobaan III di daerah Kerinci, Jambi, perlakuan J1V1 dan J1V2. Validasi dengan uji t berpasangan dilakukan untuk ketiga submodel pada peubah-peubah prediksi model. Tabel 2 menunjukkan hasil uji t berpasangan peubah-peubah antara prediksi model dengan hasil pengukuran lapang (observasi).

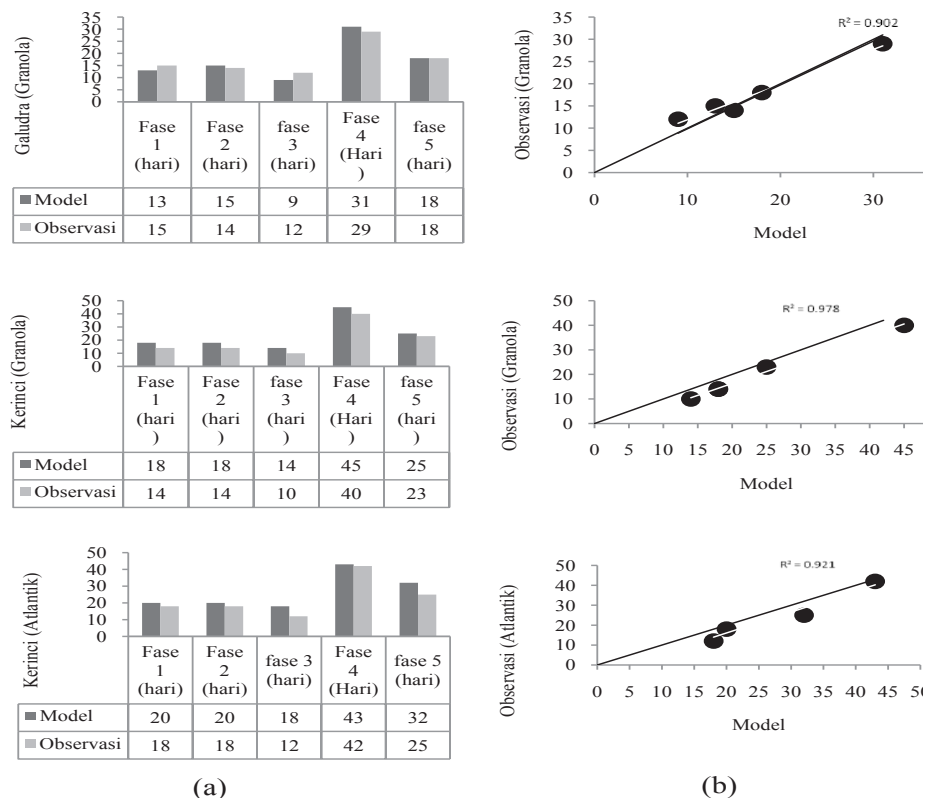
Hasil pengujian dengan uji t berpasangan antara prediksi model dan observasi pada varietas Granola menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ( $P > 0,05$ ) di hampir semua peubah yang diuji, kecuali pada biomassa

daun (Tabel 2). Tabel 2 juga menunjukkan hasil pengujian pada varietas Atlantis yang tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ) pada biomassa akar dan umbi serta kadar air tanah. Berdasarkan hasil uji t peubah-peubah ketiga submodel pada Percobaan II dan III varietas Granola dan Atlantis, menunjukkan bahwa model mampu memprediksi perkembangan, pertumbuhan tanaman dan kadar air tanah sesuai pengukuran lapang.

### Submodel Perkembangan Tanaman

Validasi grafik submodel perkembangan tanaman dilakukan dengan membandingkan umur tanaman pada periode fase perkembangan prediksi model dengan observasi pada Percobaan II dan III. Fase perkembangan tanaman kentang yang diamati terdiri dari : fase 1 = tanam - awal muncul tunas, fase 2 = muncul tunas - awal pembentukan umbi, fase 3 = awal pembentukan umbi - pengisian umbi, fase 4 = awal pengisian umbi - pematangan umbi, dan fase 5 = awal pematangan umbi - awal panen. Validasi secara grafik pada umur tanaman prediksi model dengan observasi di Galudra (Granola) dan Kerinci (Granola, Atlantis) ditunjukkan pada Gambar 1.

Hasil uji t berpasangan umur tanaman varietas Granola menunjukkan prediksi model dan observasi tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ) dan berbeda nyata pada varietas Atlantis (Tabel 2). Pengujian secara grafik (uji 1 : 1) menunjukkan sebaran data menyebar sekitar



Gambar 1. Perbandingan antara prediksi model dan observasi umur tanaman di Galudra [Granola] dan Kerinci [Granola, Atlantis] (a), dan perbandingan plot 1 : 1 (b).



garis 1 : 1, dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) antara model dengan observasi yang tinggi ( $R^2 > 0,90$ ). Dengan demikian, hasil validasi menyatakan model tidak berbeda nyata dengan pengukuran lapang. Validasi menunjukkan bahwa model mampu memprediksi umur tanaman pada setiap periode fase-fase perkembangan tanaman sesuai pengamatan lapang di Galudra dan Kerinci.

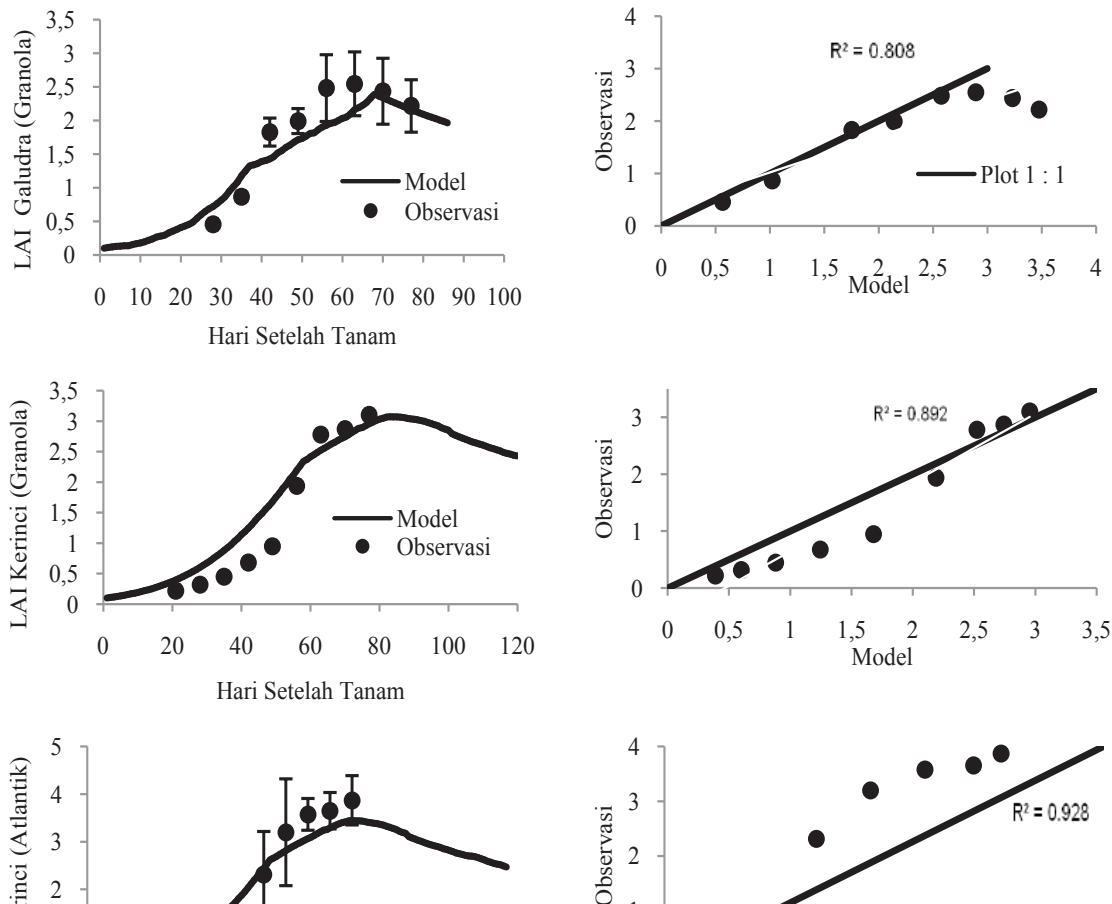
### Submodel Pertumbuhan Tanaman

#### Indeks Luas Daun (LAI)

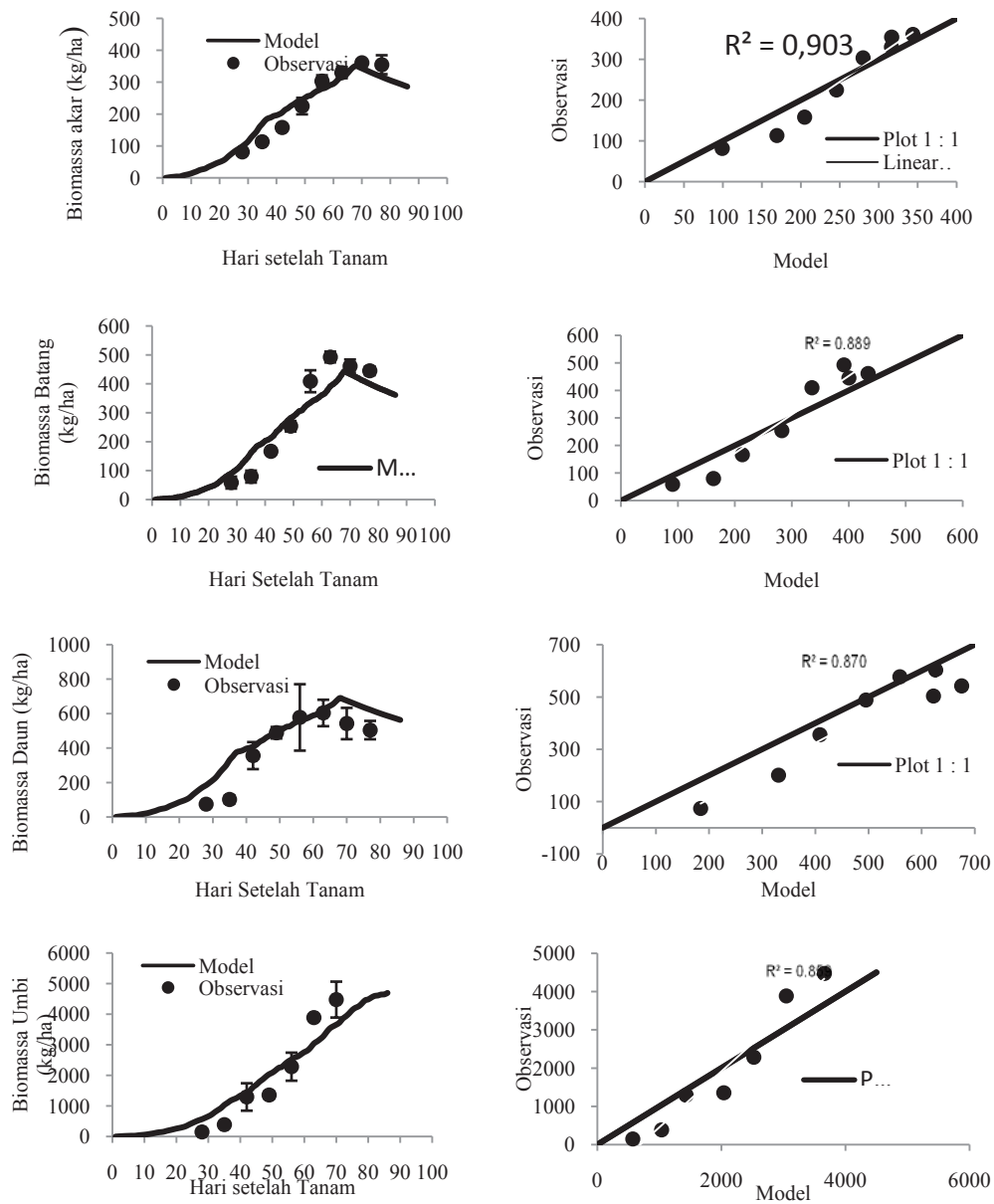
Uji t berpasangan antara prediksi model dan observasi perubah LAI menunjukkan hasil pengujian tidak berbeda nyata pada varietas Granola dan berbeda nyata pada Atlantis (Tabel 2). Pengujian secara grafik (uji 1 : 1) menunjukkan sebaran data antara prediksi model dengan observasi cenderung menyebar pada garis 1 : 1, kecuali pada akhir pertumbuhan tanaman keluaran model lebih rendah (Gambar 2). Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) prediksi model dan observasi pada varietas Granola di Galudra cukup tinggi sebesar 0,81. Nilai  $R^2$  varietas Granola di Kerinci sebesar 0,89, sedangkan varietas Atlantis sebesar 0,93.

#### Biomassa akar, Batang, Daun, dan Umbi

Hasil pengujian dengan uji t berpasangan pada biomassa (akar, batang, daun, dan umbi) varietas Granola, menunjukkan prediksi model dan observasi tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ). Pengujian pada varietas Atlantis menunjukkan prediksi model dan observasi tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ) pada biomassa batang dan umbi, dan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) pada biomassa akar dan daun. Uji grafik (uji 1 : 1) menunjukkan semua data hasil prediksi model dan observasi banyak menyebar pada garis 1 : 1. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) hubungan tersebut untuk biomassa akar, batang, daun, umbi cukup tinggi, yaitu berturut-turut di Galudra sebesar : 0,90; 0,89; 0,87; dan 0,86, di Kerinci varietas Granola 0,86; 0,92; 0,97; dan 0,90 dan varietas Atlantis 0,94; 0,92; 0,91; dan 0,95. Validasi menunjukkan model dapat memprediksi LAI, biomassa akar, batang, daun, dan umbi pada kedua varietas sesuai pengukuran lapang di Galudra dan Kerinci. Validasi secara grafik biomassa akar, batang, daun, dan umbi antara prediksi model dengan observasi di Galudra (Granola), Kerinci (Granola dan Atlantis) ditunjukkan pada Gambar 3, 4, dan 5.

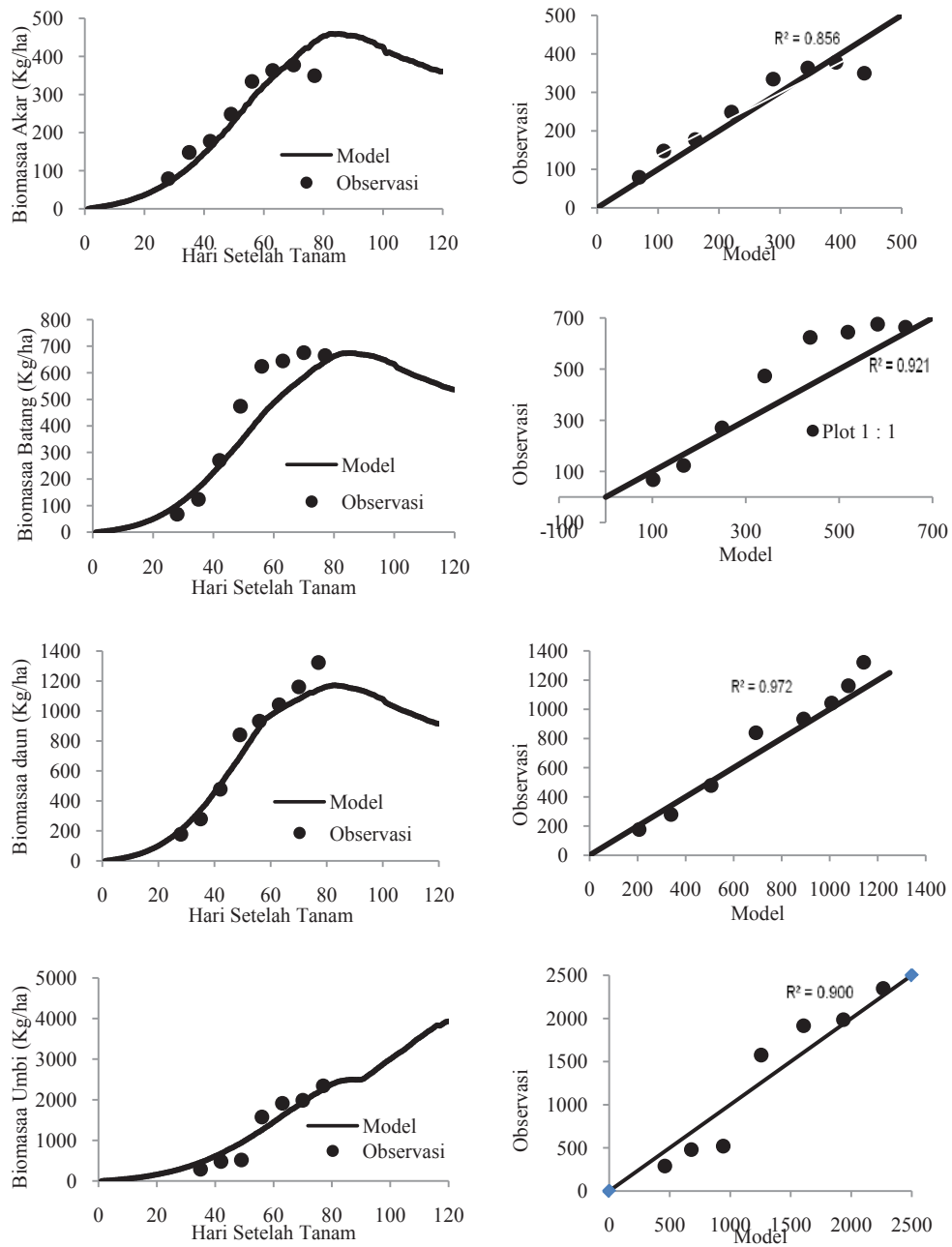


Gambar 2. Perbandingan antar prediksi model dan observasi LAI tanaman kentang di Galudra [Granola] dan Kerinci [Granola, Atlantis] (a), dan perbandingan plot 1 : 1 (b).

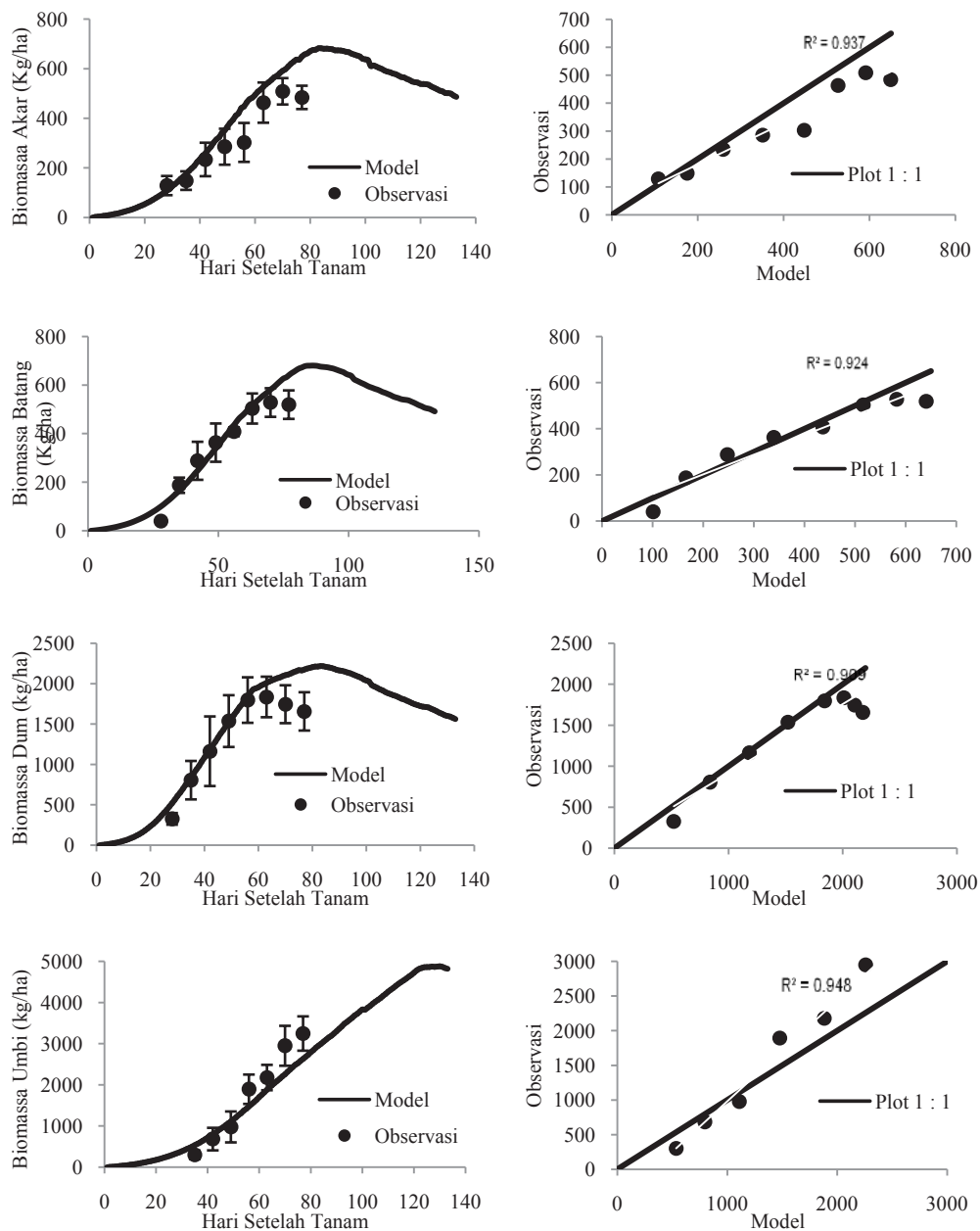


Gambar 3. Perbandingan antara keluaran model dan observasi biomassa akar, batang, daun, dan umbi tanaman kentang di Galudra varietas Granola (a), dan perbandingan plot 1 : 1 (b).





Gambar 4. Perbandingan antara prediksi model dan observasi biomassa akar, batang, daun, dan umbi di Kerinci varietas Granola (a), dan perbandingan plot 1 : 1 (b).



Gambar 5. Perbandingan antara prediksi model dan observasi biomassa akar, batang, daun, dan umbi di Kerinci varietas Atlantis(a), dan perbandingan plot 1 : 1 (b).

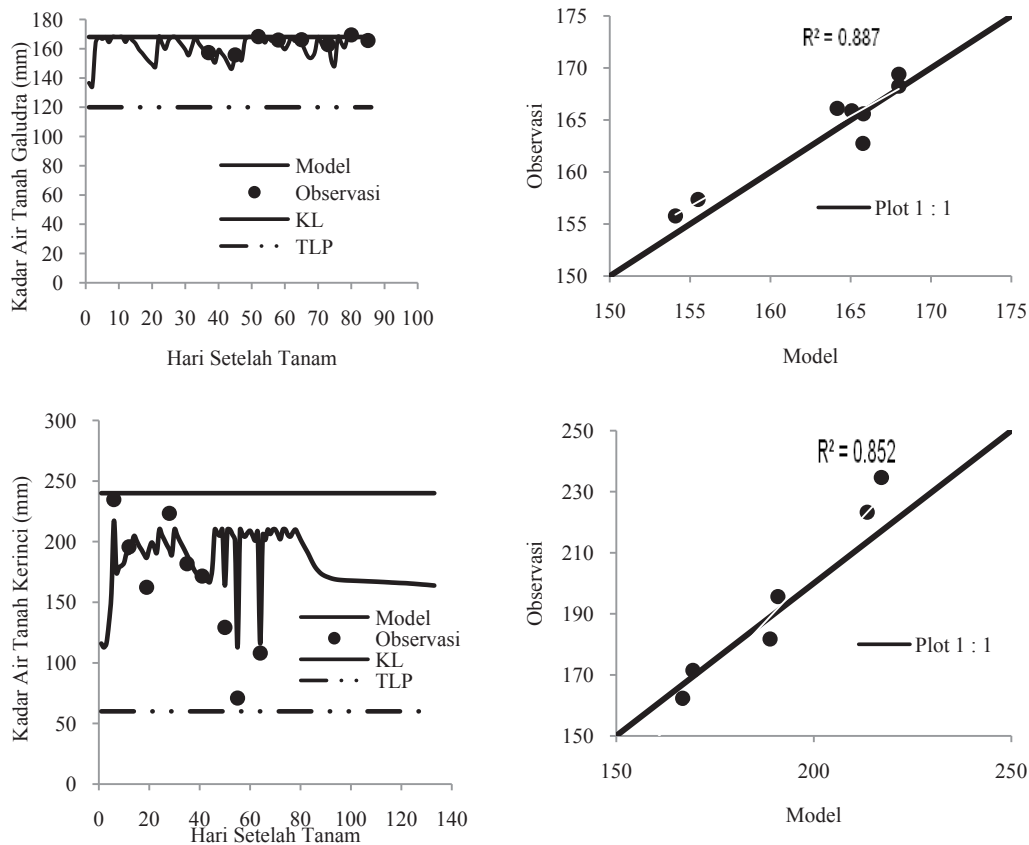
### Submodel Neraca Air

Pengujian prediksi model pada peubah kadar air tanah dengan uji t berpasangan di Galudra dan Kerinci menunjukkan prediksi model tidak berbeda nyata dengan observasi (Tabel 2). Demikian pula pada uji grafik, sebaran data hasil prediksi model dan observasi banyak menyebar pada garis 1 : 1, dengan nilai  $R^2$  yang tinggi yaitu 0,88 (Galudra) dan 0,85 (Kerinci). Validasi secara grafik kadar air tanah prediksi model dengan observasi di Galudra dan Kerinci ditunjukkan pada Gambar 6.

Seperti pada submodel perkembangan dan pertumbuhan tanaman, model juga mampu memprediksi fluktuasi kadar air tanah harian selama pertumbuhan tanaman kentang sesuai pengukuran lapang di Galudra dan Kerinci.

### KESIMPULAN

1. Hasil pengujian dengan uji t berpasangan antara prediksi model dan observasi di Galudra dan Kerinci untuk varietas Granola menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada peubah umur tanaman, biomassa akar, batang, dan umbi, LAI serta kadar air tanah. Pengujian pada varietas Atlantis menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ( $P > 0,05$ ) hanya pada biomassa akar dan umbi serta kadar air tanah. Namun demikian, berdasarkan uji grafik hubungan antara prediksi model dengan pengukuran lapang menghasilkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang lebih besar dari 0,80 untuk semua peubah yang diuji.



Gambar 6. Perbandingan antara prediksi model dan observasi kadar air tanah di Galudra dan Kerinci (a), dan perbandingan plot 1 : 1 (b).

2. Berdasarkan validasi tersebut, model simulasi tanaman kentang dapat mensimulasi proses dari setiap periode fase perkembangan tanaman, produksi biomassa dari masing-masing organ tanaman berupa akar, batang, daun, dan umbi, serta LAI dan kadar air tanah sesuai dengan pengukuran lapang.
3. Model simulasi yang disusun dapat diaplikasikan untuk memprediksi dan tindakan antisipasi kejadian dampak perubahan iklim akibat kenaikan suhu udara dan penurunan curah hujan terhadap produksi kentang pada sentra-sentra produksi di Indonesia.
4. Model juga dapat diterapkan pada daerah dataran rendah termasuk daerah pesisir dengan memasukkan input unsur-unsur cuaca harian pada daerah tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amthor JS. 2000. *The McCree-de Wit-Penning de Vries-Thornley Respiration Paradigms: 30 Years Later Review*. Annals of Botany 86: 1 – 20
- Gustianty LR. 2008. Kajian tentang Pertumbuhan dan Produksi Kentang (*Solanum tuberosum*. L) Varietas Granola Asal Biji Botani Melalui Uji Perkecambahan dan Pengaturan Penanaman di Lapangan. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatera Utara.
- Handoko I. 1994. Dasar Penyusunan dan Aplikasi Model Simulasi Komputer untuk Pertanian. Bogor: Geomet FMIPA-IPB.
- Handoko I, Sugiarto Y, Syaukat Y. 2008. Keterkaitan Perubahan Iklim dan Produksi Pangan Strategis : Telaah kebijakan independen dalam bidang perdagangan dan pembangunan. SEAMEO BIOTROP for Kemitraan partnership.
- Intergovernmental panel on climate change[IPCC]. 2007. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Green house Gas Inventories Programme. Japan: IGES.
- Jongschaap REE. 2006. Run-time Calibration of Simulation Models by Integrating Remote Sensing Estimates of Leaf Area Index and Canopy Nitrogen. Europ. J. Agro. 24 : 316-324.
- Lascano RJ. 1991. Review of Models for Predicting Soil Water Balance. IAHS Publ 199: 443-458
- Moiteith JL. 1997. Principle of Environment. Edward Arnold. London.
- Nurtika N. 2007. Tanggap Beberapa Varietas Kentang (*Solanum tuberosum*) Terhadap Penggunaan Pupuk Anorganik. J.Agrivigor 6(2):93-99.
- Ritchie JT. 1972. Model for Predicting Evaporation from a Row Crop with Incomplete Cover. Water Resources Reseach 8 : 1204–1213
- Steel RGD, and Torrie JH. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika : suatu pendekatan biometrik. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wolf J, OijenMV. 2002. Model Simulation of Effects of Changes in Climate and Atmospheric Co<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> on Tuber Yield Potential of Potato (Cv. Bintje) in the European Union. Agric.ecosys. Environ, in press.